

## Кристаллизация меда

Процесс образования и роста кристаллов называется кристаллизацией. Кристаллизация меда является естественным физическим феноменом, начинающемся в любом меде рано или поздно. При этом не происходит никаких химических изменений кристаллизующегося вещества. Основным условием кристаллизации меда является перенасыщенность раствора. Он не стабилен и постепенно переходит в стабильное, насыщенное состояние за счет кристаллизации избыточного сахара, особенно глюкозы. С кристаллизацией снижается уровень насыщенности раствора. Если раствор перестает быть перенасыщенным, то процесс кристаллизации прекращается. Факторами, оказывающими значительное влияние на процесс кристаллизации, являются: сахарный спектр меда, содержание воды, температура и продолжительность хранения, наличие зародышей кристаллов и различные мероприятия по обработке меда.

Сахарный спектр зрелого меда представлен в основном глюкозой и фруктозой. Цветочные мёды содержат около 70-80%, падевые мёды примерно 50-65% редуцирующих сахаридов. Эти оба моносахарида частично происходят из исходных веществ или образуются из содержащейся в них сахарозы под воздействием выделяемых пчелами ферментов. В меде оба эти сахара содержатся в различных соотношениях. Чаще всего преобладает фруктоза, количество которой составляет 34-41%, в то время как содержание глюкозы колеблется от 28 до 35%. Новые методы анализа сахара показали, что сахарный спектр меда очень широк. Однако кристаллизация меда в значительной степени определяется количественным соотношением фруктозы и глюкозы.

Соотношение фруктозы и глюкозы является одним из параметров, позволяющих заранее оценить интенсивность кристаллизации меда. Мёды с высоким содержанием фруктозы кристаллизуются очень медленно, а кристаллизовавшись, склонны к размягчению и расслаиванию. Кристаллы глюкозы при этом опускаются вниз, а сверху собирается темная, богатая фруктозой жидкость. Такие мёды нелегко сбыть, поскольку они выглядят как испорченный продукт. Скорость роста кристаллов можно даже выразить математической формулой.

На ход кристаллизации меда оказывает значительное влияние не только соотношение фруктозы к глюкозе, но и соотношение «чистой» глюкозы к воде. Если это соотношение больше чем 2:1, то, безусловно, следует рассчитывать на кристаллизацию. При соотношении меньше 1,7 мед с большой долей вероятности останется жидким. Мёды с содержанием воды от 15 до 18% проявляют выраженную тенденцию к кристаллизации, в то время как мёды с содержанием воды выше 18% кристаллизуются менее интенсивно вследствие понижения концентрации сахара. Менее интенсивно кристаллизуются также мёды с пониженным содержанием воды, которые остаются жидкими дольше в результате своей высокой вязкости. Мелкозернистую, мягкую и пластичную консистенцию при кристаллизации приобретают, как правило, мёды с содержанием воды от 17 до 18%. Мёды с очень низким содержанием воды в кристаллическом состоянии часто бывают твердыми «как камень». Мёды с более высоким содержанием воды остаются более мягкими. За счет смешивания мёдов с разным содержанием воды можно получить оптимальное значение влажности и добиться хорошей консистенции.

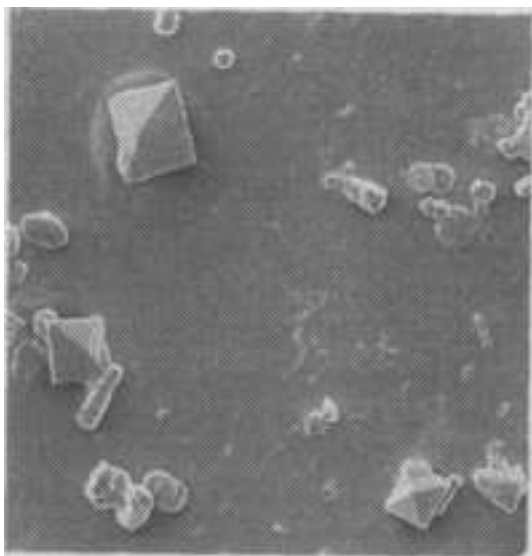
На кристаллизацию меда большое влияние оказывает также температура. Низкая температура хранения замедляет процесс кристаллизации, так как за счет повышенной вязкости меда снижается скорость молекулярной диффузии. При повышенной температуре

мед кристаллизуется с образованием крупных кристаллов. Если мед хранить при температуре ниже  $-45^{\circ}\text{C}$ , то он затвердевает не замерзая. Причиной тому является высокая концентрация сахара, значительно снижающая точку замерзания. Кристаллизация тоже прекращается, поскольку в результате ограниченного движения молекул прекращается образование зародышевых кристаллов. Этот эффект можно наблюдать уже при хранении меда при температуре  $10^{\circ}\text{C}$  и ниже. При низких температурах образование кристаллов в меде почти не происходит. Меды, в которые вносились стартерные зародышевые кристаллы, оставались при  $-1^{\circ}\text{C}$  жидкими на протяжении двух лет. Оптимальной в отношении кристаллизации меда является температура хранения от  $10$  до  $18^{\circ}\text{C}$ . Чтобы избежать снижения качества меда, лучше придерживаться нижней границы. По Дайсу меды быстрее всего кристаллизуются при постоянной температуре  $14^{\circ}\text{C}$ . Температура хранения кристаллизовавшегося меда оказывает влияние на его консистенцию и пластичность. Салообразные меды лучше хранить в прохладном месте, а для крупнозернистых медов больше подходит комнатная температура. Меды средней консистенции остаются пластичными в большем температурном диапазоне.

Если мед хранится при температуре выше  $25^{\circ}\text{C}$ , то кристаллизация замедляется, поскольку с увеличением температуры снижается степень насыщенности меда глюкозой. При температуре хранения выше  $30^{\circ}\text{C}$  начало кристаллизации задерживается на месяцы. Мед можно сохранять в жидком состоянии на протяжении длительного времени, если сначала выдержать его не менее 5 недель при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , а затем хранить при  $14^{\circ}\text{C}$ . Меды, обработанные таким образом, остаются жидкими в течение двух лет. Пробы, которые хранятся при  $14^{\circ}\text{C}$  без предварительного холодного хранения, кристаллизуются за 5 недель. За счет целенаправленной термической обработки, при которой разрушаются зародышевые кристаллы, можно предотвратить или надолго замедлить процесс кристаллизации меда. Хадорн и Цюрихер сообщают, что кристаллизовавшиеся меды после термообработки остаются жидкими в течение 8-12 месяцев. При такой обработке мед кратковременно нагревается до относительно высокой температуры и сразу же охлаждается, чтобы избежать изменения качества. Этот способ, известный в молочной и пивной промышленности под названием пастеризация, особенно широко применяется в США, Канаде и Восточной Европе. В результате пастеризации не только предотвращается кристаллизация, но и разрушаются сахарофильные дрожжи, которые могут быть причиной брожения меда. Для проведения пастеризации необходимо довольно дорогостоящее оборудование, такое как различные теплообменники или центрифуги с подачей горячего воздуха.

Недостаток всех этих способов заключается в том, что могут происходить качественные изменения меда не в лучшую сторону, особенно в том случае, когда после нагрева мед невозможно быстро охладить. В Германии и в соседних европейских странах для предотвращения кристаллизации меда такие методы не практикуются.

Продолжительность хранения также оказывает влияние на ход процесса кристаллизации меда. Постепенное уменьшение количества глюкозы, происходящее в процессе «дозревания» меда, усиливается с ростом температуры, в результате чего соотношение глюкоза-фруктоза меняется в пользу фруктозы, что препятствует кристаллизации. Кристаллизация меда начинается с образования так называемых зародышевых кристаллов. Под этим названием понимают микроскопические частицы, такие как кристаллы глюкозы и пыльцевые зерна, к которым прикрепляются все новые кристаллы. Эти «первичные кристаллы» образуются, прежде всего, у стенок и на дне емкости и «растут», присоединяя к себе новые кристаллы сахара, в результате чего образуются все более крупные структуры, которые объединяются между собой. В конечном итоге образуется единая, прочная кристаллическая структура, между отдельными звеньями которой располагаются жидкие составляющие меда.



Мельчайшие кристаллы и другие твердые частицы в прозрачном, жидком меде (под растровым электронным микроскопом при 3300-кратном увеличении)

Если зародышевых кристаллов нет или их совсем немного, то они сначала образуются из молекул глюкозы, которые соединяются, образуя мельчайшие кристаллы, которые разрастаются в определенном порядке. Так как лишь часть имеющихся в избыточном количестве молекул глюкозы связывается кристаллами, последние разрастаются в кристаллические звезды, характерные для крупнозернистого меда. Первичные кристаллы глюкозы образуются в основном при температуре 5-7 °С, оптимальная температура для роста этих кристаллов составляет 14-15 °С.

Различные мёды кристаллизуются по-разному. Рапсовый мёд чаще всего образует мелкие кристаллы при средней или твердой консистенции, в то время как мёд с одуванчика имеет очень твердую консистенцию и крупнокристаллическую структуру. Мёды, которые быстро кристаллизуются, не следует продавать в жидком состоянии, поскольку, кристаллизовавшись через короткое время, они потеряют свой вид. Пчеловод должен больше стремиться повлиять на ход их кристаллизации так, чтобы они стали пластичными и мелкозернистыми. Для этого существует два способа:

- механическое измельчение кристаллов и их равномерное распределение по всей массе мёда;
- внесение в жидкий мёд примерно 5-10% мелкозернистого «стартового мёда».

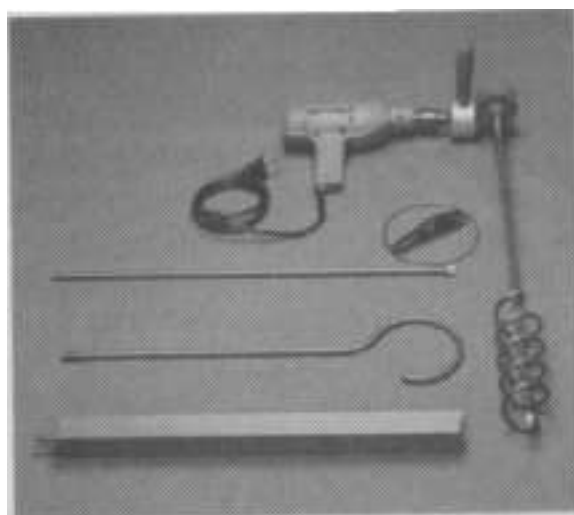
Механическая обработка мёда с целью оказания влияния на процесс кристаллизации начинается уже при извлечении мёда из сот. В процессе откачки разбиваются имеющиеся в мёде мельчайшие кристаллы глюкозы. В небольших хозяйствах после снятия пены мёд перемешивают трехгранной буковой рейкой, скользя при этом одной из плоскостей рейки по стенке емкости и разбивая при этом первичные кристаллы. Возникшие при этом осколки кристаллов равномерно распределяются по всей массе мёда без попадания в него воздуха. С увеличением продолжительности перемешивания ускоряется процесс кристаллизации и уменьшается зернистость, так как зародышевые кристаллы равномерно распределяются по

массе меда и не имеют возможности разрастаться до больших размеров

Если мед хранится в сухом помещении при температуре 14-15 °С и ежедневно перемешивается, вскоре он станет мутным и приобретет консистенцию «кашицы». Как только мед начнет затвердевать, его пора разливать. Теперь мед приобретет мелкозернистую структуру и останется пластичным, поскольку за счет перемешивания нарушены связи между кристаллами.

Такой же эффект достигается при так называемом «вертикальном» перемешивании меда, при котором закрепленную на металлической ручке пластину с отверстиями перемещают в меде вверх и вниз, не забирая при этом воздух.

Перемешивание меда вручную - это очень тяжелая работа. При наличии большого количества меда рекомендуется использовать приспособления с электроприводом. В специализированных магазинах для этой цели предлагаются различные виды деревянных и металлических насадок, вставляющихся в понижающий редуктор, приводимый в движение электродрелью. При покупке реек и насадок следует обратить внимание на то, чтобы их поверхность была защищена пластиковым покрытием, в противном случае существует опасность попадания в мед металлических или пластиковых частиц из упаковки.



Приспособления для перемешивания меда с целью воздействия на процесс кристаллизации (фото фирмы Graze)

В некоторых хозяйствах для перемешивания меда с целью воздействия на процесс его кристаллизации используют также тестомесильные машины. При этом лопасть мешалки располагается вплотную к стенке вращающейся емкости. Благоприятное влияние на кристаллизацию оказывается в «слегка распушенном» меде, особенно если мед был уже довольно сильно закристаллизован. Такой же эффект достигается, если мед, подготовленный таким же образом, пропускается под высоким давлением через дюзы без доступа воздуха. Эти способы давно используются в косметической промышленности для изготовления кремов и паст. Крупнозернистые или твердые меда сегодня можно сделать кремообразными и пластичными с помощью специальных мельниц или валков. Поскольку нарушается связь между кристаллами, то обработанные такими способами меда имеют нестабильную консистенцию. В зависимости от влажности эти меда раньше или позже расслаиваются. В крупных пчеловодческих хозяйствах мед сегодня хранят в танках, которые оборудованы

подогревным механизмом для перемешивания. После откачки мед стекает в отстойник, откуда после удаления пены он перекачивается в танки для хранения. В этом случае оказывать влияние на ход кристаллизации лучше всего за счет внесения «стартера». При этом в жидкий мед добавляют примерно 10% мелкокристаллического «модельного» меда. Этот мед должен быть подогрет примерно до 20 °С для лучшего смешивания. Равномерное распределение стартера по всей массе жидкого меда является непременным условием успеха. Этого легко можно добиться с помощью перемешивания, в процессе которого следует следить за тем, чтобы в мед не подмешивался воздух. Он может вызвать появление рыхлого белого слоя на поверхности меда, особенно при его пониженной влажности. По окончании смешивания мед можно разливать. В фазе кристаллизации мед хранится в сухом помещении при температуре 14 °С, которая должна быть по возможности постоянной. При благоприятных условиях кристаллизация продолжается 3 дня. Колебания температуры задерживают процесс кристаллизации. По этой причине в практике на кристаллизацию отводят две недели. Метод внесения стартера применяется для многих медов и обеспечивает стабильность кристаллической консистенции продукта на многие годы. Далее мы кратко коснемся еще нескольких способов предотвращения кристаллизации меда.

В США и Канаде обычно мед фильтруют. При этом из меда по возможности удаляются те частицы, которые вызывают процесс кристаллизации, такие как пыльцевые зерна, кристаллы глюкозы и пузырьки воздуха. Фильтрацию меда под давлением с использованием диатомита впервые

описали Лотроп и Пэйн. В дальнейшем были разработаны другие методы, работающие по такому же принципу. Однако все эти методы следует отклонить, поскольку они требуют применения высокой температуры. Кроме того, из меда не только удаляются характерные для его состава пыльцевые зерна и другие вещества, но может даже меняться его цвет и вкус. В соответствии с требованиями к качеству меда, предъявляемыми Постановлением о меде и стандартами Немецкого союза пчеловодов, подобные методы обработки меда являются недопустимыми, так как входящие в его состав вещества не могут ни удаляться, ни добавляться, а биологическая структура меда не может претерпевать изменения, выходящие за строго определенные рамки.

Очень элегантный метод предотвращения кристаллизации меда был разработан и запатентован Гонтарским. В этом случае растворяются все присутствующие в меде кристаллы глюкозы и удаляются все пузырьки воздуха и инородные частицы за исключением характерных для меда включений.

За счет использования ультразвуковых и электромагнитных волн тоже можно уменьшить скорость кристаллизации меда. Эффект ультразвуковой обработки основывается на разрушении молекул глюкозы. Так как при этом в значительной мере повреждаются присутствующие в меде энзимы, этот метод для предотвращения кристаллизации не подходит. Использование электромагнитных волн, напротив, не вызывает никаких изменений качества меда. Метод Рихтера применяется сразу после откачки меда. В этом случае мед проходит через определенное приспособление, в котором на него воздействует низкочастотное электрическое поле. Предполагается, что обработанный таким способом мед долгое время остается жидким. В практическом пчеловодстве такой прибор не нашел широкого применения.

---

Литература: Хорн Х. Все о меде: производство, получение, экологическая чистота и сбыт. - М.: АСТ: Астрель, 2007.

© Гришин Михаил, 2014 г., mail@grishinmv.ru, <http://www.medoviy.ru>